

DU
MÉCANISME DE L'ACCOMMODATION
DE L'ŒIL

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 16 Juillet 1894

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

GASTON CORONAT

Né le 8 Août 1864, à Gap (Hautes-Alpes).

Licencié es Sciences mathématiques

Licencié es Sciences physiques

Ex-Moniteur de la clinique d'Ophthalmologie de Lyon.

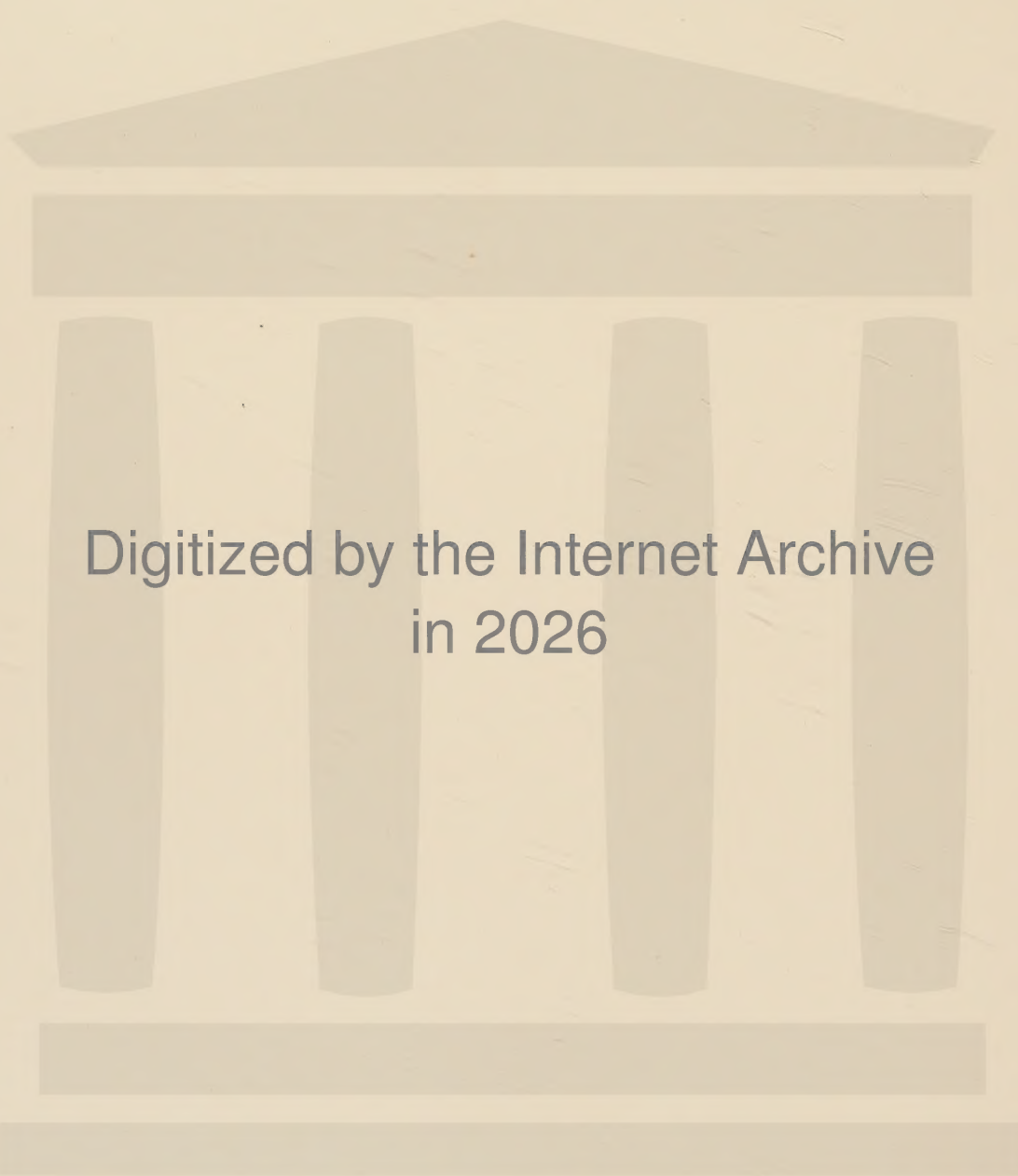


LYON

ALEXANDRE REY, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

4, RUE GENTIL, 4

—
Juillet 1894



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552608_0061

DU
MÉCANISME DE L'ACCOMMODATION
DE L'ŒIL

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 16 Juillet 1894

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

GASTON CORONAT

Né le 8 Août 1864, à Gap (Hautes-Alpes).

Licencié ès Sciences mathématiques

Licencié ès Sciences physiques

Ex-Moniteur de la clinique d'Ophtalmologie de Lyon.



LYON

ALEXANDRE REY, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

4, RUE GENTIL, 4

—
Juillet 1894

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. LORTET. DOYEN
GAYET. ASSESSEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. DESGRANGES, PAULET, BOUCHACOURT, CHAUVEAU, GLÉNARD.

PROFESSEURS

Cliniques médicales	{	MM. LÉPINE.
Cliniques chirurgicales.		BONDET.
Clinique obstétricale et Accouchements.	{	OLLIER.
Clinique ophtalmologique.		PONCET.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.		FOCHIER.
Clinique des maladies mentales		GAYET.
Physique médicale		GAILLETON.
Chimie médicale et pharmaceutique.		PIERRET.
Chimie organique et Toxicologie.		MONOYER.
Matière médicale et Botanique.		HUGOUNENQ.
Zoologie et Anatomie comparée.		CAZENEUVE.
Anatomie.		FLORENCE.
Anatomie générale et Histologie.		LORTET.
Physiologie.		TESTUT.
Pathologie interne.		RENAUT.
Pathologie externe.		MORAT.
Pathologie et Thérapeutique générales		TEISSIER.
Anatomie pathologique.		BERNE.
Médecine opératoire.		MAYET.
Médecine expérimentale et comparée		TRIPPIER.
Médecine légale.		POLLOSSON (MAURICE)
Hygiène		ARLOING.
Thérapeutique		LACASSAGNE.
Pharmacie.		ROLLET.
		SOULIER.
		CROLAS.

PROFESSEUR ADJOINT

Clinique des Maladies des Femmes. LAROYENNE.

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Clinique des Maladies des Enfants MM. WEILL, agrégé.
Accouchements. POLLOSSON (Aug.) —
Botanique. BEAUVISAGE. —

AGRÉGÉS

MM. AUGAGNEUR.	MM. DIDELOT.	MM. ROCHET.	MM. WEILL.
BEAUVISAGE.	GANGOLPHE.	RODET.	BARRAL,
CONDAMIN.	JABOULAY.	ROLLET (ÉTIENNE)	chargé des fonctions d'agrégé.
COURMONT	LANNOIS.	ROQUE.	MOREAU id.
DEROIDE.	PERRET.	ROUX.	
DEVIC.	POLLOSSON (Aug.)	VIALLETON.	

M. ÉTIEVANT, Secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

M. MONOYER, Président; M. GAYET, Assesseur; MM. VIALLETON et ROLLET (Ét.), Agrégés.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les Dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

INTRODUCTION

Le travail que nous présentons aujourd'hui nous a été inspiré par la lecture des travaux des divers auteurs qui se sont occupés de l'astigmatisme et, en particulier, de ceux qui admettent pour le muscle ciliaire la propriété de pouvoir se contracter partiellement et de corriger de cette façon en partie ou en totalité un astigmatisme cornéen fixe par un astigmatisme dynamique du cristallin.

Si cette idée, émise la première fois par Dobrowolsky en 1868, soutenue aujourd'hui par Javal, Martin, etc., a beaucoup de partisans, elle a aussi beaucoup de contradicteurs, Tscherning, Bull, Sulzer, etc., qui refusent au muscle ciliaire cette propriété un peu singulière de se contracter partiellement, justement en deux points diamétralement opposés formant en général une direction parallèle au méridien cornéen dont il faut corriger le défaut de courbure.

Tscherning est le premier qui ait invoqué la double obliquité du cristallin sur l'axe optique de l'œil pour expliquer soit l'absence d'astigmatisme subjectif, soit le degré moindre de cet astigmatisme dans un œil dont la cornée est accusée d'astigmatisme par l'ophtalmomètre.

D'autres théories ont été mises au jour aussi pour rendre compte de cette diminution de l'astigmatisme subjectif, mais ce sont les deux précédentes qui ont reçu le plus grand développement, celle surtout de Dobrowolsky dont le plus chaud défenseur est Martin. Ce dernier a mis en effet une rare énergie dans la défense de ces idées. Il a apporté un grand nombre d'observations très utiles qui ont mis en lumière beaucoup de faits nouveaux. Il est un des premiers, avec Javal, en effet, qui ait montré que l'astigmatisme subjectif pouvait varier d'abord sous l'influence de l'âge et ensuite sous l'influence des maladies et des traumatismes généraux.

Ces variations, dont Martin a fait une très longue étude, sont explicables par la théorie de Dobrowolsky, mais paraissent en contradiction avec celle de Tscherning.

Nous avons acquis la conviction que, si l'accord ne s'est pas encore fait entre les partisans des différentes théories précédentes, cela tient à ce que le phénomène physiologique de l'accommodation est encore incomplètement connu ; il est indiscutable, en effet, que ces variations de l'astigmatisme subjectif sont sous sa dépendance. Nous

avons donc recherché si, dans cet acte physiologique il n'y avait pas quelques particularités ayant échappé aux observateurs qui ont établi le mécanisme de l'accommodation tel qu'il est connu aujourd'hui.

En passant en revue les dernières publications faites sur ce sujet, nous avons été très surpris de voir un auteur, Tscherning, émettre sur l'accommodation des idées très différentes de celles de Helmholtz, universellement acceptées.

Nous diviserons donc notre travail en deux parties :

La première partie aura surtout pour but d'examiner la nouvelle théorie de Tscherning et de lui opposer les travaux de Helmholtz.

La seconde partie sera consacrée à l'exposition de nos recherches personnelles. Nous montrerons que très souvent pendant l'accommodation, outre l'augmentation de courbure du cristallin, il se produit des mouvements de cette lentille. Nous nous bornerons, bien entendu, dans tout ce travail aux faits qui ont trait au mécanisme de ces mouvements : nous n'avons fait aucune mesure.

La détermination de la grandeur des mouvements de la lentille cristallinienne nécessite à elle seule tout un travail très long et un dispositif qui ne s'improvise pas.

Nos recherches ont été suivies et contrôlées par notre savant professeur, M. Monoyer, qui ne nous a épargné ni son temps, ni ses conseils ; qu'il veuille bien accepter nos plus sincères remerciements.

Que M. Gayet, dans le service duquel nous avons passé deux ans, nous permette de lui exprimer notre reconnaissance pour l'intérêt qu'il nous a toujours témoigné.

Enfin, nous sommes heureux de remercier MM. Meurer et Rossigneux du concours amical qu'ils nous ont prêté dans le cours de nos études.

DU

MÉCANISME DE L'ACCOMMODATION

DE L'ŒIL

PREMIÈRE PARTIE

I

Résumé historique.

Les premiers travaux sur l'accommodation remontent à une époque assez éloignée de nous. C'est Képler qui paraît s'être le premier occupé de cette question en 1611. Depuis cette époque toutes les hypothèses possibles ont été faites.

Képler expliquait l'accommodation par un déplacement du cristallin; Scheëner en 1619 croyait que la contraction de la pupille, en diminuant la grandeur des cercles de diffusion, suffisait pour expliquer le phénomène, il adopta plus tard l'opinion de Képler.

En 1637, Descartes émit l'idée que cristallin pouvait changer de forme, mais il n'apportait aucune preuve.

Plus tard, de 1693 à 1697, Sturm crut que l'accommo-

dation se produisait par un déplacement du cristallin et un changement de forme du globe oculaire sous l'influence des muscles extrinsèques.

Lobé en 1742 crut voir dans la cornée des modifications de courbure pouvant expliquer la vision de près.

Depuis cette époque toutes les idées précédentes, et bien d'autres, étaient soutenues, chacune, par un certain nombre de partisans : mais on était toujours dans le domaine des hypothèses. En 1825, Purkinje découvre les images catoptriques de l'œil qui plus tard seront utilisées par Langenbeck, Cramer et Helmholtz.

C'est en 1849, en effet, que Max Langenbeck eut l'idée d'étudier ces images et surtout les modifications qu'elles subissent pendant l'accommodation.

Mais c'est seulement depuis la mémorable expérience de Cramer, en 1851, confirmée par Donders et Helmholtz, que l'on sait quelque chose de précis sur le mécanisme de l'accommodation.

Comme plus loin nous reprendrons cette étude des images de Purkinje, nous allons donner les dispositifs qui permettent de les observer.

II

Méthodes d'observation.

On sait aujourd'hui que les changements de courbure subis par les surfaces réfringentes du système dioptrique de l'œil sont les causes de l'accommodation aux diverses distances. Nous ne pouvons constater qu'indirectement ces modifications et le moyen le plus commode est l'observation des images de Purkinje.

On a imaginé un certain nombre de dispositifs permettant non seulement l'observation de ces images mais aussi la mensuration de leur grandeur.

Le premier en tête est le phacomètre de Cramer qui permettait de reconnaître, au moyen d'un dispositif très ingénieux, si les images subissaient un déplacement pendant l'accommodation. Cet instrument n'est plus employé aujourd'hui.

Helmholtz a construit un ophtalmomètre avec lequel on peut faire des mensurations d'une extrême précision, soit sur la cornée, soit sur les deux faces du cristallin.

Cet instrument et son maniement sont trop connus pour que nous en donnions ici une description.

L'ophtalmomètre de Leroy et Dubois n'est qu'une modification plus économique de celui de Helmholtz.

Celui de Javal et Schiötz, destiné surtout à la mensuration de l'astigmatisme, peut, à la rigueur, faire connaître indirectement la grandeur des images cornéennes.

Tscherning a imaginé un ophtalmophacomètre au moyen duquel il peut observer des images de Purkinje et déterminer rapidement les variations de grandeur de ces images. Voici la description qu'en donne l'auteur dans les *Archives de Physiologie* de 1891 : Cet instrument consiste en un arc de cercle en cuivre d'un rayon de 86 centimètres. Cet arc est mobile autour de l'axe d'une petite lunette pareille à celles qui font partie du goniomètre de Babinet.

La lunette est mise au point pour le centre de l'arc qui est en même temps la place de l'œil examiné.

L'arc porte une division en dixièmes de degré, dont le zéro coïncide avec l'axe de la lunette. Il est arrangé pour qu'on puisse y faire glisser un curseur A, portant une lampe à incandescence; un curseur B, portant une tige perpendiculaire du plan de l'arc, à chaque extrémité de laquelle se trouve une lampe à incandescence : un troisième curseur C, qui porte également une tige perpendiculaire au plan de l'arc, et sur laquelle glisse une petite boule brillante qui sert comme marque de fixation.

Chaque lampe est enfermée dans un petit tube en cuivre fermé en arrière par une plaque en cuivre et en avant par une forte lentille plan convexe, la surface bombée en avant.

En avançant ou reculant la lentille, on peut rendre les rayons émanant de la lampe parallèles ou même convergents si on le désire.

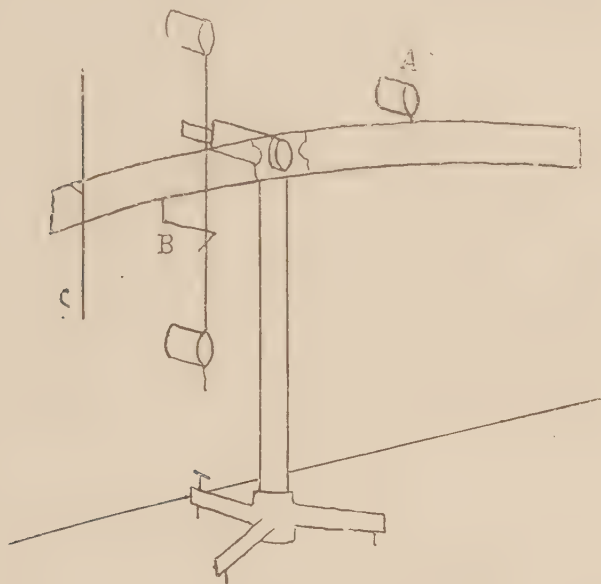


Fig. 1.

On peut donner à chaque curseur une position quelconque sur l'arc : il porte un indice qui permet de lire sa distance de la lunette en dixièmes de degré. Chaque degré a une longueur linéaire de 15 millimètres.

Nous avons préféré employer le dispositif suivant qu'il est facile d'installer (fig. 2) :

Sur une grande table TT', dans une chambre obscure sont placés :

1° Un montant en bois I, percé d'une large ouverture où l'on place la tête du sujet qu'on examine ;

2° Une grande règle divisée M N, sur laquelle peuvent glisser :

3° Une tige verticale représentée en projection en B, et
4° une lunette A.

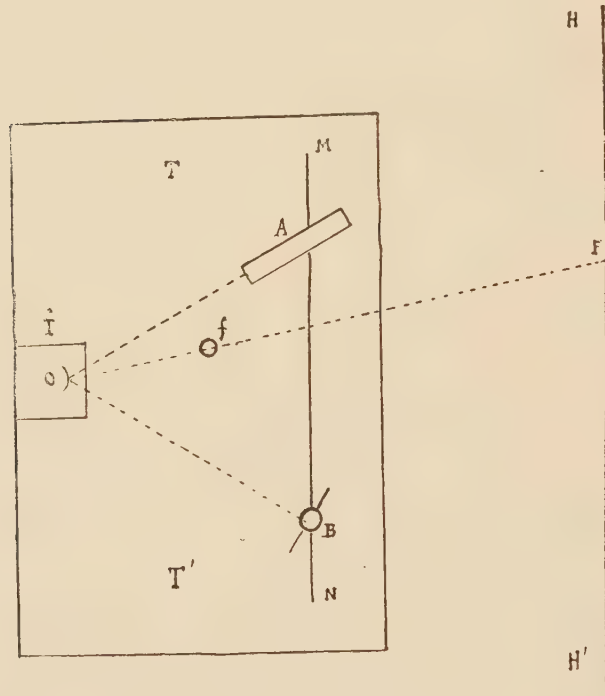


Fig. 2.

Cette tige B et la lunette A, peuvent prendre toutes les positions voulues le long de la règle divisée. C'est ainsi que l'on peut avoir, par exemple, la disposition inverse de celle indiquée par la figure 2.

La tige B porte un écran en carton percé d'une ou plu-

sieurs ouvertures derrière lesquelles on place une ou plusieurs lampes. Ces ouvertures peuvent se placer à des hauteurs variables au-dessus du niveau de la table.

Le dispositif précédent comporte enfin deux mires de fixation. L'une de ces mires F est sur le mur HH' , en face du sujet : c'est une lettre ou un chiffre de 4 centimètres de hauteur, imprimés en noir sur un carré de papier blanc. On peut déplacer cette mire dans tous les sens. La distance OF doit être au moins de 2 ou 3 mètres.

L'autre mire de fixation f est une lettre de 4 à 5 millimètres de hauteur inscrite en noir sur une lamelle très mince de verre qui peut glisser le long d'une tige verticale de façon à être portée à des hauteurs variables au-dessus du plan de la table. Enfin la tige portant cette mire est mobile sur toute la surface de la table.

Ces deux mires sont toujours disposées de telle sorte que l'œil placé en I puisse voir la lettre f projetée sur la mire F .

La lampe placée derrière l'écran tout en laissant passer un filet de lumière qui tombe sur l'œil O , maintient cet œil dans une obscurité assez grande pour que la pupille soit très dilatée pendant toute la durée de l'observation. Elle éclaire assez la mire F qui est vue distinctement par l'œil O . La mire f est distinguée parce qu'elle se projette sur le fond blanc de la mire F .

III

Les images de Purkinje.

Quand on observe attentivement un œil devant lequel se trouve une source lumineuse, une forte lampe par exemple, on aperçoit dans le *champ* pupillaire trois images de cet objet.

Ce sont les images de Purkinje utilisées plus tard par Sanson pour le diagnostic de la cataracte.

Ces trois images sont formées comme on le sait par la réflexion des rayons lumineux sur les trois surfaces suivantes : cornée, face antérieure et face postérieure du cristallin. Il y a un très grand avantage à se servir d'une lunette grossissante pour faire cette observation quoique ce ne soit pas indispensable. Nous avons indiqué dans le chapitre précédent les dispositifs que l'on peut employer pour cela.

Disposons l'appareil représenté par la figure 2 de manière que l'œil *o*, l'ouverture de l'écran B, l'axe de la lunette A, et la ligne de visée ou l'axe visuel O F soient

dans un même plan horizontal. Et plaçons tout d'abord la ligne de visée de telle sorte qu'elle partage en deux parties égales l'angle A O B formé par l'axe du pinceau incident avec l'axe du pinceau réfléchi.

Nous supposons dans cet article que le sujet regarde le point F.

Si l'œil était un appareil optique centré, la seconde image catoptrique, donnée par la face antérieure du cristallin, devrait se trouver à très peu de chose près au milieu de la distance qui sépare les images fournies d'une part par la cornée, d'autre part par la face postérieure du cristallin, ainsi que l'indique la figure de la planche I. On aurait alors pour les trois images de Purkinje, dans le champ pupillaire, la disposition représentée par la figure 3 pour l'œil gauche du sujet éclairé du côté temporal.

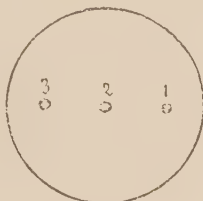


Fig. 3.

Il n'en est jamais ainsi quand on dispose l'observation comme nous venons de l'indiquer. Mais supposons un instant que cette condition soit réalisée. Nous verrons d'ailleurs qu'on peut donner, en modifiant les conditions d'examen, cette disposition aux trois images de Purkinje.

Nous appellerons dorénavant image 1 celle qui est fournie par la réflexion sur la cornée : image 2 celle qui est

due à la face antérieure du cristallin : image 3 celle que donne la face postérieure du cristallin. Nous les avons représentées pour plus de commodité par de gros points, quoiqu'il n'en soit pas ainsi.

L'image 1 est très brillante ; elle est droite et permet de reconnaître très bien la forme de l'objet qui lui donne naissance.

L'image 2 est aussi droite ; mais elle se présente en réalité sous la forme d'une nébuleuse à contours mal définis, si bien qu'il est impossible de reconnaître en elle la forme de l'objet lumineux.

Son intensité est si faible qu'il faut souvent beaucoup d'attention pour reconnaître sa place. Enfin les dimensions de cette image ou plutôt de cette nébuleuse sont assez considérables, comparées à celle des images 1 et 3.

Tous les auteurs signalent les particularités précédentes, mais aucun n'en donne d'explication, et, à en juger d'après le silence général gardé sur ce point, il semblerait que l'interprétation en soit si facile qu'on ait regardé comme superflu de s'y arrêter.

Nous reviendrons sur cette question plus loin.

L'image 3 est à la fois plus petite et moins brillante que l'image 1 : ses contours sont assez nets néanmoins pour permettre de distinguer la forme de l'objet lumineux.

Quelques observateurs, Tscherning entre autres, ont fait remarquer que le champ pupillaire était souvent insuffisant pour permettre de voir les trois images à la fois. La pupille en effet se contracte fortement quand elle est vivement éclairée. On peut facilement éviter cet inconvénient, et de deux manières. D'abord en plaçant

l'objet lamineux très obliquement par rapport à l'axe visuel de l'œil observé à 45 degrés par exemple. Ensuite en employant un objet pas trop fortement éclairé et de dimension relativement petite, une ouverture d'écran de 4 centimètres carrés, comme celui que nous avons employé dans notre dispositif de la figure n° 2. Tscherning s'est servi de lampes électriques qui donnent, il est vrai, une grande intensité aux images, mais qui ont le désavantage de faire contracter fortement la pupille.

Nous avons dit plus haut que jamais, dans les conditions où nous nous sommes placé, on n'observait pour les images de Purkinje la disposition indiquée dans la figure 3.

Les figures 4 et 5 représentent en effet les deux dispositions que nous avons rencontrées dans nos examens.

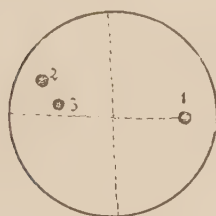


Fig. 4.

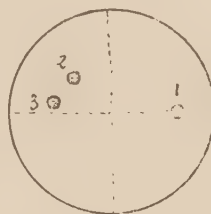


Fig. 5.

Ces figures, comme toutes celles de ce genre qui suivent, représentent la disposition vraie des images de Purkinje. — La lunette d'observation renverse cette disposition.

Comme on le voit, nous sommes loin d'avoir l'image 2 au milieu de l'intervalle des images 1, 3. De plus, 2 et 3 ne sont pas sur une horizontale passant par 1. Enfin 2 est située plus haut que 3.

La conclusion de cette disposition des images de Purkinje est facile à tirer. C'est Helmholtz qui, le premier, a interprété ce phénomène. L'œil n'est pas centré ; le cristallin est placé obliquement par rapport à l'axe de l'œil. Tscherning a mesuré cette obliquité : voici ce qu'il dit à ce propos (*Comptes rendus de l'Académie des sciences* du 16 avril 1888) :

« Le cristallin, sauf de rares exceptions, est placé de telle sorte qu'il semble avoir tourné d'un angle variant de 3 à 7 degrés autour d'un axe vertical, le côté externe du cristallin étant en arrière. Mais souvent aussi l'axe du cristallin ne se trouve pas non plus dans le même plan horizontal que la ligne visuelle, comme si le cristallin avait subi une rotation autour d'un axe horizontal et transversal. Le plus souvent, c'est la partie supérieure qui est penchée en avant. Cette déviation varie d'un œil à l'autre de 0 à 3 degrés. »

Cette double obliquité nous explique alors très bien pourquoi : 1° l'image 2 n'est pas au milieu de la distance 1, 3 ; 2° pourquoi 3 et 2 ne sont pas sur la même horizontale que 1 ; enfin pourquoi 2 est plus haut que 3.

La figure de la planche II indique la marche des rayons lumineux dans le cas où le cristallin a une inclinaison de 6 degrés sur l'axe de l'œil, et rend alors compte de ce que nous avons représenté dans la figure 4.

Voyons maintenant comment varie la disposition de ces images catoptriques quand on change la direction du regard de l'œil observé.

Nous avons supposé dans ce qui précède que l'axe visuel OF (figure 2) partageait en deux parties égales

l'angle AOB. Si nous déplaçons maintenant la ligne OF de façon à la rapprocher de OA, nous verrons l'image 3 se déplacer d'une quantité très petite, parfois insensible : mais l'image 2 prendra une position nouvelle et se déplacera de façon à venir entre 3 et 1, tout en restant à un niveau supérieur à celui de 3. On pourra de cette façon l'amener à être exactement au milieu de 1, 3. Si on continue à déplacer le point F, on pourra amener 2 près de 1, puis au-dessus, et même lui faire dépasser cette position, de telle sorte qu'on aura la disposition 3, 1, 2.

Il est facile de comprendre qu'on pourra donner aux images 2 et 3, toutes les positions que l'on voudra : il suffira de faire varier l'axe visuel et, au besoin, l'axe de la lunette d'observation.

Mais jamais on n'arrivera à mettre en ligne droite les trois images, si comme dans tout ce qui précède on laisse l'écran B, l'axe de la lunette et le point de fixation F dans le plan horizontal passant par l'œil O.

Pour obtenir ce résultat, il faut déplacer la mire F verticalement. On trouvera ainsi une position de F qui placera les images catoptriques sur une même ligne horizontale. Si, de plus, l'angle que fait OF avec OA est convenablement choisi, on pourra réaliser la disposition représentée par la figure 3. C'est en opérant de cette façon que Helmholtz a pu déterminer l'angle que fait l'axe visuel avec l'axe optique de l'œil dans la vision de loin. Cet angle, que M. Monoyer appelle l'angle de collimation, varie pendant l'accommodation ainsi que nous le montrerons plus loin.

Si maintenant on place l'ouverture de l'écran B au-dessus du plan horizontal passant par l'œil observé, l'axe de la

lunette et le point de fixation F, on obtient, suivant la position de F, un dénivèlement des images souvent très considérable et que nous avons mis à profit comme on le verra plus loin. C'est ainsi que l'on peut avoir la disposition représentée par la figure 6.

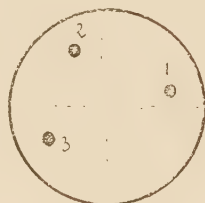


Fig. 6.

Nous nous sommes étendu assez longuement sur la manière d'observer méthodiquement les images de Purkinje, parce que, plus loin, nous aurons à déduire des conséquences importantes des modifications apportées par l'accommodation, modifications auxquelles on n'a prêté aucune attention jusqu'ici.

IV

Intensité et éclat des images de Purkinje.

Ce calcul a été fait par Tscherning, dans un article publié dans les *Archives de Physiologie* de 1891. Les résultats trouvés par cet auteur ne nous ont pas paru suffisamment précis, et cela pour plusieurs raisons : d'abord, les valeurs des indices de réfraction employées s'écartent des déterminations expérimentales admises, et quelques-unes sont même irrationnelles. En second lieu, Tscherning n'a tenu aucun compte de la couche de larmes qui recouvre la cornée, de l'épaisseur de cette dernière membrane, de la capsule du cristallin, et enfin de la nature complexe de cette lentille qui est une véritable pile de glaces.

Nous allons donc refaire ce calcul, en faisant intervenir le plus grand nombre possible des éléments qui concourent à la formation des images catoptriques de Purkinje.

Le tableau suivant donne la valeur des indices déterminés par différents auteurs :

OBSERVATEURS	LARMES	CORNÉE	HUMEUR AQUEUSE	CRISTALLIN					CORPS VITRÉ
				cristalloïde antérieure	couches externes	couches moyennes	noyau	cristalloïde postérieure	
HELMHOLTZ . . .	»	»	»	»	1.4189	»	»	»	»
KRAUSSE . . .	»	»	»	»	1.4053	»	»	»	»
FLEISCHER . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»
HIRSCHBERG. . .	1.3374	»	»	»	»	»	»	»	»
WOINOW . . .	»	»	»	»	1.3968	1.4216	1.4351	»	»
AUBERT . . .	»	1.377	»	»	1.3967	1.4067	1.4093	»	»
MATTHIESSEN . .	»	1.3754	»	1.3835	»	1.4058	1.4406	1.3547	»
VALENTIN . . .	1.3394	»	»	»	»	»	»	»	»
MOYENNES. . .	1.3382	1.3762	1.3375	1.3335	1.4044	1.4113	1.4183	1.3547	1.4375

Nous avons représenté planche III une figure schématique indiquant les différentes réfractions et réflexions d'un rayon lumineux incident I, qui pénètre dans l'œil.

Nous avons supposé que l'intensité de l'image 1 (J_1) est formée par les deux rayons (i_1) et (i_2'') provenant, le premier de la réflexion de I_1 sur les larmes, le second de la réflexion sur la cornée.

L'image 2 (J_2) est formée par deux rayons (i_4^6) et (i_5^8) provenant des réflexions sur la cristalloïde antérieure et sur les couches externes du cristallin.

L'image 3 (J_3) est donnée également par la superposition des deux rayons (i_8^{15}) et (i_9^{17}) provenant des réflexions sur la cristalloïde postérieure et sur le corps vitré.

Nous avons négligé les deux rayons (m) et (n) dont nous parlerons dans un instant. La figure de la planche III montre que nous avons négligé la couche moyenne du cristallin.

Pour faire le calcul de l'intensité des images (J_1) (J_2) (J_3), nous supposerons que le rayon incident I_1 est normal à la cornée, en sorte que la formule de Fresnel :

$$I = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2 (i - r)}{\sin^2 (i + r)} + \frac{\tan^2 (i - r)}{\tan^2 (i + r)} \right]$$

qui donne l'intensité du rayon réfléchi provenant d'un rayon incident d'intensité égale à 1 devient

$$I_r = \left(\frac{n - 1}{n + 1} \right)^2$$

Le rayon réfracté correspondant a alors pour intensité :

$$I_R = 1 - \left(\frac{n - 1}{n + 1} \right)^2$$

Pour éviter des nombres fractionnaires très petits, nous supposerons l'intensité du rayon incident I_i égale à 1000.

Il est incontestable qu'il faudrait tenir compte dans ce calcul de l'incidence sous laquelle on observe les images de Purkinje : le calcul, dans ce cas, offrirait bien des difficultés, surmontables, il est vrai, mais ne donnerait pas un résultat bien différent de celui auquel on arrive en procédant comme nous venons de l'indiquer.

Cela dit, voici le tableau des indices de réfraction de chacune des surfaces réfringentes, par rapport aux milieux qui les précèdent :

Larmes	1.3382
Cornée.	1.02839
Humeur aqueuse.	1.02893
Cristalloïde antérieure	1.03439
Couches externes du cristallin.	1.01510
Noyau.	1.00989
Cristalloïde postérieure.	1.03668
Corps vitré.	1.01215

Posons, pour simplifier l'écriture :

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{0.3382}{2.3382} & \beta &= \frac{0.02839}{2.02839} & \gamma &= \frac{0.02893}{2.02893} \\ \delta &= \frac{0.03439}{2.03439} & \varepsilon &= \frac{0.0151}{20.151} & \varphi &= \frac{0.00989}{2.00989} \\ \mu &= \frac{0.03668}{20.3668} & \lambda &= \frac{0.01285}{2.01285} \end{aligned}$$

Nous aurons alors les résultats suivants :

$$\begin{cases} i_1 = 1000 \alpha^2 \\ i_2'' = 1000 (1 - \alpha^2)^2 \beta^2 \\ I_2 = 1000 (1 - \alpha^2) \end{cases}$$

La première image de Purkinje a donc pour intensité :

$$J_1 = i_1 + i_2''$$

En effectuant le calcul, on trouve :

$$J_1 = 21.10878$$

On a ensuite :

$$\begin{cases} I_3 = 1000 (1 - \alpha^2) (1 - \beta^2) \\ i_3^{iv} = 1000 (1 - \alpha^2)^2 (1 - \beta^2)^2 \gamma^2 \end{cases}$$

Cette dernière valeur i_3^{iv} représente l'intensité de la quatrième image de Purkinje, c'est-à-dire celle qui est donnée par la réflexion sur la face postérieure de la cornée.

On a :

$$J_4 = i_3^{iv} = 0.1948179$$

Poursuivons la marche des rayons lumineux : il vient :

$$\begin{cases} I_4 = 1000 (1 - \alpha^2) (1 - \beta^2) (1 - \gamma^2) \\ I_5 = 1000 (1 - \alpha^2) (1 - \beta^2) (1 - \gamma^2) (1 - \delta^2) \\ i_4^6 = 1000 \delta^2 (1 - \alpha^2)^2 (1 - \beta^2)^2 (1 - \gamma^2)^2 \\ i_5^8 = 1000 \epsilon^2 (1 - \alpha^2)^2 (1 - \beta^2)^2 (1 - \gamma^2)^2 (1 - \delta^2)^2 \end{cases}$$

C'est la somme de ces deux derniers rayons que nous prenons comme intensité de l'image 2.

— 28 —

$$J_2 = i_4^0 + i_5^8$$

$$J_2 = 0.3274540$$

Revenons maintenant au rayon I_5 et poursuivons-le :

On aura :

$$I_6 = 1000 (1 - \alpha^2)(1 - \beta^2)(1 - \gamma^2)(1 - \delta^2)(1 - \varepsilon^2)$$

Finalement on arrive à I_8 dont la valeur est :

$$I_8 = 1000 (1 - \alpha^2)(1 - \beta^2)(1 - \gamma^2)(1 - \delta^2)(1 - \varepsilon^2)(1 - \varphi^2)^2$$

On trouve en faisant le calcul :

$$I_8 = 978,30613$$

Enfin :

$$I_9 = I_8 (1 - \mu^2)$$

Ce sont ces deux rayons lumineux qui, par leur réflexion forment l'image 3.

$$i_8^{15} = \mu^2 I_8 (1 - \alpha^2). \quad . \quad . \quad (1 - \varphi^2)$$

$$i_9^{17} = \lambda^2 I_8 (1 - \alpha^2). \quad . \quad . \quad . \quad (1 - \varphi^2)$$

Et on aura :

$$J_3 = i_8^{15} + i_9^{17}$$

$$J_3 = 0.34943121$$

Donnons en passant la valeur de l'intensité lumineuse du rayon qui tombe sur la rétine.

$$I_{10} = 977,94866$$

Tscherning avait donné le nombre 978,25 un peu trop fort.

Ainsi donc, nous trouvons pour les trois images de Purkinje, les nombres suivants :

$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 = 21.10878 \\ J_2 = 0.327454 \\ J_3 = 0.34943121 \end{array} \right.$$

Ajoutons-y le nombre trouvé pour l'image donnée par la face postérieure de la cornée :

$$J_4 = 0.1948179$$

Ce qui nous intéresse, c'est non pas l'intensité, mais l'éclat de chacune de ces images. Or, nous obtiendrons l'éclat en divisant les nombres précédents par ceux représentant les dimensions respectives de ces images. Ces dimensions sont entre elles comme les nombres :

$$\overline{7.829}^2 = \overline{15.04}^2 = \overline{5.7}^2$$

Nous aurons donc en désignant par E l'éclat :

$$E_1 = \frac{21.10878}{\overline{7.829}^2} \quad E_2 = \frac{0.327454}{\overline{15.04}^2} \quad E_3 = \frac{0.34943121}{\overline{5.7}^2}$$

$$E_4 = \frac{0.1948179}{\overline{7.829}^2}$$

Si on prend l'éclat de l'image 2 pour unité : c'est-à-dire si l'on divise $E_1 E_2 E_3 E_4$ par E_2 , on aura tous calculs faits :

$$(1) \left\{ \begin{array}{l} E_1 = 237.90 \\ E_2 = 1.00 \\ E_3 = 7.4295 \\ E_4 = 2.1956 \end{array} \right.$$

Tscherning trouve les nombres suivants :

$$(2) \left\{ \begin{array}{l} E_1 = 169.4 \\ E_2 = 1.0 \\ E_3 = 6.959 \end{array} \right.$$

C'est surtout pour la valeur de l'éclat du 1 qu'il y a une grande différence entre les nombres que nous donnons et ceux de Tscherning. Cela tient à ce que cet auteur a négligé la réflexion des rayons lumineux sur la couche de larmes qui baignent toujours la cornée.

Et maintenant, nous avons à nous demander si ces nombres nous rendent compte des apparences que nous offrent les trois images de Purkinje. Pour résoudre cette question, il faudrait pouvoir faire la photométrie des images, ce qui est impossible.

Néanmoins, il semble que les nombres 1 et 7 ne représentent pas le rapport qu'il y a entre les éclats des images 2 et 3. Le calcul donne pour l'image 2 un éclat trop faible comparé à l'éclat réel de l'image 3. A quoi tient cette différence? Est-ce à la différence de structure des deux cristalloïdes antérieure et postérieure? Non, certainement : En effet, quand on extrait un cristallin et qu'on examine les images catoptriques d'une bougie, données par l'une ou l'autre des faces de cette lentille, on trouve que ces images ont un éclat égal. D'ailleurs, si le calcul nous rendait compte de l'éclat relatif des images

catoptriques de Purkinje, il ne nous explique pas la forme qu'affecte le 2, dont les contours mal définis, ne rappellent en rien la forme de l'objet lumineux qui lui a donné naissance.

Voici quelle est notre opinion, qui est aussi celle de notre maître, M. Monoyer. L'image 2 est une image complexe, formée d'une série d'images secondaires, placées l'une derrière l'autre, et formées par la réflexion de la lumière sur les couches successives qui constituent la substance du cristallin. On se rend très bien compte que ces différentes couches du cristallin puissent ainsi donner chacune une image : en examinant un œil au moyen de l'éclairage focal, on aperçoit alors tous les détails de la structure de l'organe.

Ainsi donc, pour calculer l'éclat de l'image 2, nous aurions dû tenir compte d'un plus grand nombre de rayons réfléchis que nous ne l'avons fait et, en particulier, du rayon que nous avons indiqué par la lettre *m* sur la figure schématique de la planche III.

L'image 3, quoique offrant une netteté de contours bien plus grande que l'image 2, a néanmoins des bords assez diffus : cette particularité aurait alors sa raison d'être dans les différentes réflexions qui se produisent sur les couches du cristallin, situées en arrière du noyau. C'est ainsi que le rayon indiqué par la lettre *n*, sur la figure de la planche III, concourt déjà à la formation de cette image 3.

Il est une conséquence importante à déduire de ce qui précède. C'est que la mensuration des variations de grandeur des images 2 et 3 ne donne pas exactement les variations de courbure des faces de la lentille cristalli-

nienne. Or, toute la réfraction dynamique de l'œil est basée sur ces mesures. On comprend donc combien il est important d'étudier d'une façon complète la formation des images 2 et 3.

V

Du mécanisme de l'accommodation.

Tout ce qui est connu aujourd'hui de ce mécanisme a été déduit de l'observation des trois images dont nous venons de donner la description. En effet, quand on fait accommoder un sujet pour une distance de 25 centimètres, la grandeur relative de ces images n'est plus ce qu'elle était pour la vision éloignée. Ces variations de grandeur ont permis à Langenbeck, puis à Helmholtz de déterminer les modifications de courbure apportées par l'accommodation à chacune des trois surfaces réfringentes, cornée, surfaces antérieure et postérieure du cristallin. Enfin, la position apparente de ces images avant et pendant l'accommodation permet également de déterminer la position réelle prise par ces surfaces.

D'autres observateurs, Hensen, Voelckers, Coccius, etc., ont donné aux conclusions de Helmholtz une vérification basée sur l'observation directe ainsi que nous le rappellerons dans un instant.

I. CORNÉE

Certains auteurs anciens, Lobé, Home, Englefield, Ramsden croyaient que la courbure de la cornée se modifiait, augmentait, pour la vision de près. Mais Young d'abord, puis Senff et Cramer employèrent des procédés de mensuration assez exacts et montrèrent que la courbure de cette surface réfringente reste invariable. Aujourd'hui, avec des instruments tels que l'ophthalmomètre de Helmholtz, on a acquis la conviction que la cornée n'entre pour rien dans le phénomène de l'accommodation.

II. FACE ANTÉRIEURE DU CRISTALLIN

Max Langenbeck, en 1849, fut le premier qui observa le rapetissement de l'image donnée par la face antérieure du cristallin.

Cramer et Donders firent la même observation. Enfin, Helmholtz, indépendamment des auteurs précédents, observa aussi les modifications subies par les images de Purkinje, et même poussa plus loin les déductions de ses prédécesseurs.

Helmholtz, au lieu de se servir d'un seul objet lumineux pour observer ces variations des images catoptriques, employait un écran percé de deux ouvertures sur une même ligne verticale à travers chacune desquelles brillait une flamme.

Chacune des images de Purkinje se compose alors de deux parties claires comme l'indique la figure 7.

Helmholtz signale le rapprochement mutuel des deux images 2, lorsque l'œil passe de la vision de loin à la vision de près, c'est-à-dire la diminution de grandeur de l'image 2.

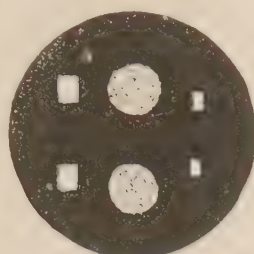


Fig. 7.

Il signale cette particularité que l'image 2 se rapproche du centre de la pupille.

De la diminution de grandeur de cette image 2, diminution qu'il a mesurée, Helmholtz conclut à l'augmentation de courbure de la face antérieure du cristallin.

Helmholtz ne dit presque rien du déplacement latéral de l'image 2 qui, ainsi que nous le verrons, est souvent assez considérable. Cramer, au contraire, semble n'avoir constaté que ce déplacement et en a déduit que la face antérieure du cristallin augmente de courbure: mais Helmholtz fait remarquer que ce déplacement à lui seul n'est pas probant.

Nous montrerons plus loin ce qu'il faut penser de ce déplacement latéral de l'image 2, dont Helmholtz et tous les auteurs qui l'ont suivi ne se sont pas inquiétés et que Cramer a interprété fausement.

III. FACE POSTÉRIEURE DU CRISTALLIN

La seconde image catoptrique du cristallin diminue également de grandeur, mais d'une petite quantité pendant l'accommodation de près. Il s'ensuit que la courbure de la face postérieure du cristallin augmente pour la vision rapprochée.

Helmholtz conclut, des mesures qu'il a faites, que cette face du cristallin, ou mieux le pôle de cette face, reste très sensiblement à la même place.

Ces modifications de courbure du cristallin exigent que l'épaisseur de cette lentille augmente, et comme le pôle postérieur reste en place, le pôle antérieur doit s'avancer dans la chambre antérieure. Enfin le cristallin ne pouvant changer de volume, le diamètre équatorial diminue.

En résumé, Helmholtz a trouvé que le passage de la vision de loin à la vision de près produisait les modifications suivantes :

- 1° La face antérieure du cristallin augmente de courbure.
 - 2° Le pôle de cette face s'avance dans la chambre antérieure.
 - 3° La courbure de la face postérieure augmente très légèrement.
 - 4° Le pôle de la face postérieure reste très sensiblement en place.
 - 5° Le cristallin augmente d'épaisseur.
 - 6° Le diamètre équatorial du cristallin diminue.
- Nous montrerons dans la suite que ces conclusions rela-

tives aux modifications de la face antérieure sont incomplètes, et que celles relatives à la face postérieure sont à la fois incomplètes et fausses en partie.

Helmholtz dit en effet que l'image 3 ne fait que varier de grandeur et ne change pas de position. Bien souvent, nous n'avons pas constaté de déplacement de cette image, mais bien souvent aussi nous l'avons vue se déplacer, d'une très petite quantité il est vrai, mais très appréciable. Si cette observation a échappé à Helmholtz, cela tient sans doute au petit nombre d'yeux qu'il a examinés.

IV. MODIFICATIONS SUBIES PAR L'IRIS

Un premier fait connu depuis Scheiner (1619), et qui est très facilement observable, est la contraction que subit la pupille pendant la vision de près.

Un second phénomène admis jusqu'à l'heure actuelle, et qui vient d'être contesté par Tscherning, est le mouvement en avant du bord pupillaire de l'iris, mouvement occasionné par l'augmentation de courbure de la face antérieure du cristallin.

Il est donc important de rappeler comment Helmholtz a procédé pour démontrer ce phénomène.

« Pour observer ce mouvement, choisissons un point de fixation éloigné, nettement déterminé, et pour objet rapproché prenons une pointe d'épingle. Le sujet observé couvre un de ses yeux et donne à l'autre une position telle que la pointe d'épingle vienne masquer exactement le point de fixation éloigné. Il faut faire attention à ce que

l'œil n'abandonne pas cette position, et il ne faut pas non plus le laisser se dévier vers des objets situés latéralement, car dans cette expérience il est essentiel que la direction de l'œil ne change pas. L'observateur se place de manière à voir de profil, et légèrement d'arrière en avant, la cornée de l'œil observé, de telle sorte que la moitié environ de la pupille noire de cet œil soit visible en avant du bord cornéen de la sclérotique, tant que l'œil observé regarde au loin. Puis on fait fixer la pointe d'épingle : l'observateur remarque aussitôt que l'ovale noir de la pupille et même une partie du bord de l'iris tourné vers lui deviennent visibles en avant de la sclérotique.

« Le changement de position de la tache noire devient surtout frappant si l'observateur porte son attention sur la largeur de l'espace clair qui la sépare d'une ligne obscure qui apparaît près du bord antérieur de la cornée. Cette ligne est l'image de l'autre bord de la sclérotique, déformée par la réfraction à travers la cornée : la partie interne de ce bord sclérotical, qui est plus saillant que l'iris, est ordinairement dans l'ombre, et paraît, pour cette raison, plus sombre que l'iris. Dans l'accommodation pour un point voisin, on voit se rétrécir l'intervalle clair qui sépare cette ligne noire et la pupille. Si le bord pupillaire ne se déplaçait pas en avant, cet intervalle devrait, au contraire, s'élargir dans la vision des objets voisins, parce que la pupille se rétrécit également dans tous les sens : il deviendrait également plus large si le déplacement apparent de la pupille en avant était le résultat d'un mouvement accidentel de l'œil observé, qui se serait tourné vers l'observateur. Ainsi en examinant la

ligne en question, on peut s'assurer contre toute surprise. »

Nous avons reproduit cette expérience sur six sujets jeunes de dix-huit à vingt ans, étudiants en médecine ; nous avons pu nous convaincre que l'avancement du bord pupillaire de l'iris est tellement manifeste qu'on ne saurait le mettre en doute.

Mais si ce bord avance dans la chambre antérieure, les parties périphériques doivent reculer. C'est encore à Helmholtz que nous devons la démonstration de ce fait.

« Il est facile, dit cet auteur, de comprendre que les parties périphériques de l'iris doivent reculer lorsque le milieu du cristallin et le bord pupillaire de l'iris avancent, car le volume de l'humeur aqueuse, qui est contenu dans la chambre antérieure de l'œil est invariable : si le cristallin, en avançant, occupe de l'espace au centre, l'humeur aqueuse doit le retrouver sur les côtés, par suite d'un recul des parties périphériques de l'iris. Cramer a remarqué que chez les enfants on peut voir, à l'œil nu, la chambre antérieure s'élargir dans la vision rapprochée. J'ai trouvé qu'on peut constater la même chose sur des adultes au moyen d'un mode d'éclairage spécial de l'œil. En effet, si l'on fait pénétrer de la lumière dans l'œil assez latéralement pour que l'iris soit pour la plus grande partie dans l'ombre, on voit se former, si l'œil est dans une position convenable, sur le côté de l'iris qui est opposé à la lumière, une ligne caustique courbe et brillante. On voit cette ligne brillante se rapprocher du bord ou s'en éloigner suivant que l'accommodation se fait pour près ou pour loin. »

Cette démonstration, très ingénieuse, nous l'avons éga-

lement répétée sur les deux yeux de six sujets : nous avons constaté nettement le phénomène qui vient d'être décrit.

Ainsi donc, il est absolument démontré que pendant l'accommodation de près : 1° le bord pupillaire de l'iris s'avance dans la chambre antérieure; 2° que les parties périphériques de l'iris reculent.

V. DE L'AGENT ACTIF DE L'ACCOMMODATION

C'est encore à Helmholtz que nous devons l'explication, vérifiée aujourd'hui, des phénomènes que nous venons de décrire. Voici comment il s'expliquait en 1855 :

« Une hypothèse consiste à admettre que le cristallin, dans l'état de repos, qui répond à la vision des objets éloignés, est tendu par la zonule qui s'insère à son bord. Lorsque le muscle ciliaire se contracte, il peut, en faisant avancer l'extrémité postérieure de la zonule, la rapprocher du cristallin et en diminuer la tension. La tension de la zonule doit avoir pour effet d'augmenter le diamètre du cristallin, d'en diminuer l'épaisseur et de diminuer la courbure de ses faces. Lorsque la traction de la zonule diminue, dans l'accommodation pour les objets rapprochés, la largeur du cristallin diminue, son épaisseur augmente, ainsi que la courbure de ses deux faces. Faisons intervenir, de plus, la pression de l'iris, et le milieu du plan qui passe par l'équateur du cristallin se portera en avant : par suite, la courbure de la face antérieure augmentera, celle de la face postérieure diminuera de manière à pouvoir redevenir à peu près ce qu'elle était dans le cristallin disposé pour la vision à distance.

« Il me semble que les changements de forme du cristallin peuvent s'expliquer ainsi. Du reste, il est facile, sur le cadavre, de produire des changements de forme du cristallin en tiraillant la zonule.

« A l'explication que je propose, se rattacherait cette circonstance que j'ai trouvée, sur des yeux vivants regardant au loin, l'épaisseur moindre qu'on ne la rencontre jamais sur le cadavre. »

Telle est la théorie de l'accommodation admise aujourd'hui. Il est un point qui ne nous paraît pas bien fondé : en effet, pour expliquer que la face antérieure du cristallin augmente de courbure beaucoup plus que la face postérieure, pendant l'accommodation de près, Helmholtz invoque la pression de l'iris sur la lentille cristallinienne. Nous ne croyons pas que ce soit là la raison de ce phénomène : *nous en donnerons plus loin une autre explication qui nous semble plus probable.*

VI

Expériences confirmant la théorie de Helmholtz.

Helmholtz a donné sa théorie comme une hypothèse : un certain nombre d'observateurs sont venus apporter des faits qui la confirment.

C'est à Hensen et Voelckers que l'on doit les premières expériences sur les animaux vivants et sur un œil humain que l'on venait d'énucléer.

Ces physiologistes, pour provoquer la contraction du muscle ciliaire, avaient mis à nu le côté externe de l'orbite de façon à pouvoir exciter le ganglion ophthalmique par des courants électriques.

Les modifications subies par l'iris furent d'abord constatées et les conclusions des auteurs s'accordent entièrement avec celles de Helmholtz.

Ils firent ensuite une ouverture à la sclérotique, ouverture suffisante qui permit de constater deux faits très importants : 1° la contraction du muscle ciliaire; 2° le mouvement en avant de la choroïde.

L'ouverture précédente ne leur permettait pas de constater les mouvements du cristallin ; ils employèrent alors un procédé ingénieux qui consistait à planter des épingles très fines et assez longues, dans les différentes parties qu'ils supposaient entrer en mouvement pendant l'accommodation. Il suffisait alors d'observer le sens des mouvements de l'extrémité libre des épingles pour en déduire les changements survenus. Ils purent ainsi constater que la choroïde dans son ensemble est attirée vers la partie antérieure du globe sous l'influence de la contraction du muscle ciliaire.

La rétine d'ailleurs suit ce mouvement, fait que l'on peut vérifier par l'observation ophtalmoscopique de ses vaisseaux, et que semble prouver aussi le phénomène observé par Purkinje et Czermak et connu sous le nom de phosphène d'accommodation.

Mais ce sont surtout les mouvements du cristallin que le procédé des épingles met en évidence.

Des épingles introduites verticalement, d'une part à travers la sclérotique et allant s'appuyer sur la face postérieure du cristallin, d'autre part à travers la cornée et s'appuyant sur la face antérieure du cristallin, prenaient, sous l'influence des contractions du muscle ciliaire, des mouvements tels que l'extrémité libre de l'épingle antérieure se portait en arrière, celle de l'aiguille postérieure se portait en avant. Ces mouvements mettent hors de toute contestation l'augmentation d'épaisseur et par suite de courbure du cristallin. Les auteurs de ces expériences constatèrent d'ailleurs que le déplacement de la face antérieure du cristallin était beaucoup plus considérable que celui de la face postérieure.

Enfin, ils firent une observation analogue pour l'équateur du cristallin et montrèrent que cette partie de la lentille avance pendant l'accommodation.

Hensen et Voelckers étudièrent aussi les mouvements de la zonule au moyen d'un fil de verre introduit à travers la sclérotique et la cornée. L'extrémité libre de ce fil faisait des excursions en arrière chaque fois que les nerfs ciliaires étaient excités; ce qui prouve bien que la zonule est attirée en avant par la contraction du muscle ciliaire.

Ces expériences de Hensen et Voelckers furent admirablement complétées par les observations de Coccius sur des yeux iridectomisés. A travers l'ouverture produite par l'opération, l'expérimentateur put examiner directement les procès ciliaires, la zonule de Zinn et l'équateur du cristallin. L'observation se faisait soit au moyen d'un microscope muni d'un miroir ophtalmoscopique, soit au moyen d'un ophtalmoscope binoculaire avec éclairage oblique. Voici la description que donne Landolt de cette observation (*in* de Wecker et Landolt).

« La lumière et l'instrument étant bien dirigés, Coccius fit fixer à la personne d'abord un objet éloigné, puis il provoqua un effort d'accommodation en rapprochant l'objet. La figure 8 représente les phénomènes que Coccius a pu observer lorsque l'œil passait de l'état de repos (R) à celui d'accommodation (A). Nous l'avons soumise à l'appréciation de l'auteur qui a bien voulu nous fournir de plus amples détails et nous communiquer, par lettre, que les faits publiés par lui, il y a plusieurs années, se sont confirmés en tous points par les observations ultérieures. En voici les résultats :

« Pendant l'accommodation, les procès ciliaires (*pp*) avancent et se gonflent.

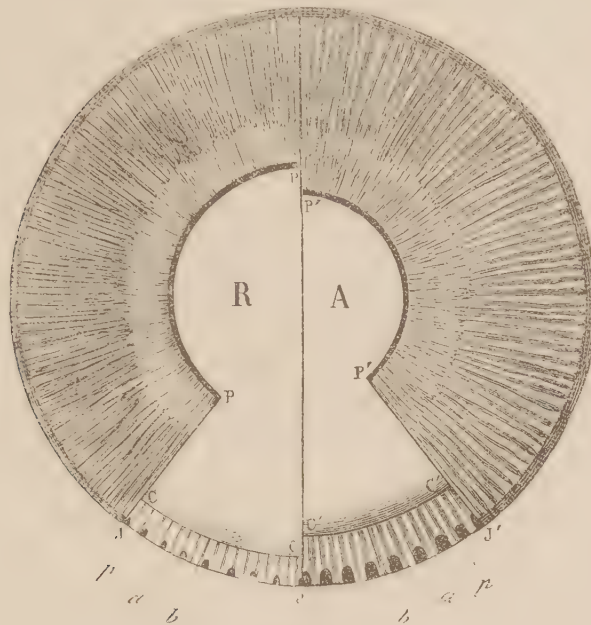


Fig. 8.

« Ce gonflement est dû probablement à la compression des veines, conséquence de la contraction du muscle ciliaire ; l'avancement, à la traction qu'il exerce sur le corps ciliaire.

« La zone de Zinn se porte en avant : l'espace compris entre l'équateur du cristallin et la périphérie de la zonule s'élargit (CJ et C'J'). Le bord équatorial du cristallin (CC et C'C') devient plus large, fait qui avait aussi été signalé par O. Becker.

« La zonule se présente à l'observateur sous la forme

d'une série de bandelettes rayonnantes; alternativement claires (*a*) et obscures (*b*). Les premières, c'est-à-dire les claires, correspondent aux fibres de la zonule qui sont situées le plus en avant, et, par conséquent, exposées à la lumière de l'éclairage oblique : les obscures aux plis rentrants de la zonule qui ne sont pas éclairés.

« Les plis de la zonule ne sont pas en rapport direct avec les procès ciliaires. Ces derniers sont entièrement libres dans l'humeur aqueuse de la chambre postérieure, ils sont en outre, moins nombreux que les plis de la zonule.

« Lorsque l'œil exécute un effort d'accommodation, les bandelettes formées par la zone de Zinn deviennent plus longues (*C'J'*), parce que le cristallin diminue dans ses diamètres équatoriaux, et les stries foncées (*b*) deviennent plus larges.

« Le changement de forme que subit l'équateur du cristallin se manifeste par l'élargissement du cercle foncé qui caractérise son bord (*C'C'*), et qui est dû à la réflexion totale de la lumière. L'équateur du cristallin reste toujours éloigné des procès ciliaires, et cela d'autant plus que l'accommodation est plus forte. Il ne saurait donc être question d'une compression exercée par les procès ciliaires, sur les bords du cristallin. Mais Coccius pense que les procès ciliaires, par leur avancement et l'augmentation de leur volume pressent sur la partie antérieure du corps vitré qui, à son tour, pourrait comprimer l'équateur du cristallin et contribuer au changement de forme de celui-ci. »

Nous ne relèverons dans cette description des phénomènes dus à l'accommodation qu'une chose qui nous paraît erronée : c'est le rôle que Coccius fait jouer aux

procès ciliaires pouvant indirectement comprimer l'équateur du cristallin, par l'intermédiaire du corps vitré. Nous montrerons plus loin que ce n'est pas de cette manière qu'il faut comprendre l'action produite par le gonflement et l'avancement des procès ciliaires.

VII

La nouvelle théorie de Tscherning sur l'accommodation.

Dans les *Archives de physiologie* de janvier 1894, Tscherning expose une nouvelle théorie de l'accommodation qui diffère en bien des points de celle de Helmholtz, admise aujourd'hui.

Nous allons tâcher d'en reproduire les idées fondamentales aussi fidèlement que possible.

Voici d'abord le résultat de ses mensurations, faites avec l'ophtalmophacomètre décrit plus haut. L'auteur a mis les nombres trouvés par lui en regard de ceux qu'a donnés Helmholtz.

	TSCHERNING		HELMHOLTZ	
	repos	accommod.	repos	accommod.
Rayon de la surface antér. du cristall.	10.2	5	10	6
— — — post. —	6.2	5.6	6	5.5
Lieu de la surface antérieure —	3.5	3.5	3.6	3.2
Lieu de la surface postérieure —	7.6	7.9	7.2	7.2
Épaisseur du cristallin	4.1	4.4	3.6	4

D'après ce tableau, Tscherning admet, contrairement à Helmholtz, que la surface antérieure (sommet) du cristallin reste en place quand l'œil passe de la vision éloignée à la vision de près. Nous ferons remarquer que, d'après l'aveu même de l'expérimentateur, ce résultat est déduit de l'examen d'un seul œil humain, point important à retenir.

D'autre part, l'auteur ne nous dit pas comment il a procédé pour déterminer la position des faces antérieure et postérieure du cristallin avant et pendant l'accommodation. Nous ne croyons pas qu'il puisse avec son ophthalmacomètre faire ces déterminations avec assez d'exactitude pour en déduire que le sommet de la face antérieure du cristallin a une position invariable.

Tscherning a aussi mesuré le rayon de courbure de la surface antérieure du cristallin, non seulement au sommet, mais en différents points de cette surface : et il déduit de ces mesures que *le rayon de la surface antérieure du*

cristallin accommodé augmente d'une manière très considérable vers la périphérie, et que : à peu près sphérique pendant le repos, la surface affecte pendant l'accommodation une forme qui se rapproche d'un hyperboloïde de révolution.

Ainsi donc les parties périphériques de la surface antérieure du cristallin s'aplatiraient pendant l'accommodation, tandis que la partie centrale se bomberait.

Tscherning suppose qu'il doit en être de même pour la face postérieure du cristallin : mais il déclare n'avoir pu le constater.

Pour expliquer que le sommet de la face antérieure du cristallin reste en place, Tscherning est obligé d'admettre que, pendant l'accommodation, le cristallin recule un peu, sans quoi le sommet en question avancerait dans la chambre antérieure grâce à l'augmentation d'épaisseur de la partie centrale de la lentille.

En résumé, Tscherning dit avoir constaté :

- 1° Le cristallin en totalité recule un peu.
- 2° La courbure des parties centrales des faces du cristallin augmente, celle des parties périphériques diminue.
- 3° La partie centrale du cristallin augmente d'épaisseur, et cette augmentation se fait aux dépens des parties périphériques dont l'épaisseur diminue.

Tscherning aurait pu constater les deux premiers points à l'éclairage oblique. Quant à nous, nous n'y sommes jamais parvenu.

A l'égard de l'iris, notre auteur prétend que :

- 1° Le bord pupillaire de l'iris reste en place.
- 2° Les parties les plus périphériques de même, mais la partie moyenne subit une dépression.

Nous ne saurions accepter les conclusions précédentes, d'abord parce qu'elles reposent sur l'examen d'un seul œil et en second lieu parce qu'elles sont en contradiction avec nos observations beaucoup plus nombreuses et avec les expériences et les observations de Hensen et Voelckers. Tscherning a expérimenté sur des cristallins de cheval et de bœuf, cristallins qu'il a extraits de l'œil en conservant la zonule.

Voici ces expériences :

1° Il exerce une pression sur les bords du cristallin (à l'aide des doigts) et constate que les surfaces antérieure et postérieure de l'organe, loin d'augmenter de courbure, s'aplatissent dans les régions polaires.

Cette expérience, nous l'avions déjà faite avant d'avoir lu le mémoire de Tscherning et il nous a semblé qu'il était impossible de rien conclure d'une observation exécutée dans ces conditions. Tscherning, cela ne nous semble pas douteux, se sera laissé influencer par l'énorme différence de courbure, qu'on produit dans ces conditions, entre les parties périphériques et centrales ; ces dernières paraissent en effet plates par rapport aux premières quand on comprime un cristallin entre les doigts.

Mais en admettant le fait comme exact, en serait-il de même si l'on pouvait comprimer le cristallin sur toute sa périphérie ?

2° L'observateur exerce des tractions sur la zonule en deux points opposés du cristallin : il observe alors une augmentation de courbure de la région centrale des surfaces antérieure et postérieure de la lentille et un aplatissement des régions périphériques, lesquelles peuvent même devenir concaves si la traction est forte.

Ce n'est nullement là ce qu'a observé Helmholtz, qui a aussi fait ces essais ; et nous-même en poussant la traction sur la zonule jusqu'à la détacher du cristallin (œil de bœuf et œil humain), nous avons constaté, contrairement à ce que Tscherning aurait vu, un aplatissement général des deux faces de la lentille.

3° L'examen d'une figure quadrillée, fait à travers le cristallin, donne de cette figure une image déformée en barillet. Si l'on opère des tractions sur la zonule, on obtient un redressement des lignes de l'image.

De cette dernière expérience, Tscherning a conclu que la traction produit une augmentation de pouvoir dioptrique et une diminution de l'aberration de sphéricité : Ce sont là précisément les deux changements optiques que Tscherning dit avoir observés avec son aberroscope sur l'œil vivant pendant l'accommodation.

Nous ferons remarquer que la déformation des lignes du quadrillage tient probablement à l'astigmatisme d'un cristallin qui n'est plus soutenu par ses tuteurs naturels (astigmatisme impossible à éviter), et que les tractions exercées sur la zonule ne font que modifier cet astigmatisme.

Telles sont les observations qui servent de base à la nouvelle théorie de l'accommodation de Tscherning.

Ajoutons que l'auteur attribue au muscle ciliaire une forme et une disposition en complet désaccord avec ce que nous ont appris les recherches anatomiques des dernières années. Nous croyons devoir citer textuellement cette partie du travail de Tscherning :

« Lorsqu'on détache la sclérotique du corps ciliaire, on déchire le muscle ciliaire : on en trouve toujours une par-

tie attachée à la sclérotique et une autre qui adhère au corps ciliaire. Et si l'on fait la préparation avec soin, on réussit à diviser tout le muscle en deux feuillets, un superficiel qui, en avant, s'insère à la sclérotique, près du canal de Schlemm, et un feuillet profond, qui n'a pas d'insertion fixe, les fibres changeant de direction en avant pour devenir circulaires. En arrière, les feuillets se perdent tous les deux dans la choroïde.

« J'ai aussi réussi à produire cette séparation sur un œil humain, durci dans l'alcool, par une simple traction sur l'iris. La fente artificielle, séparant les deux feuillets qu'on produit ainsi, rappelle le canal de Fontana qui, chez certains animaux, se prolonge en arrière, divisant la partie antérieure du muscle comme je viens de le dire...

« L'effet d'une contraction du muscle me semble donc double :

« L'extrémité antérieure du feuillet profond recule et exerce ainsi une traction en dehors et en arrière sur la zonule.

« Cette traction tend d'un côté à faire reculer le cristallin, d'un autre côté à changer la forme de ses surfaces en rendant les parties centrales plus convexes. L'extrémité postérieure de tout le muscle avance et tend la choroïde, de sorte qu'elle puisse soutenir le corps vitré et empêcher le cristallin de reculer. En fixant le cristallin, cette dernière action favorise l'effet de la traction zonulaire sur la forme de ses surfaces. »

Bien que les histologistes ne soient pas encore complètement d'accord sur l'anatomie du muscle ciliaire, il nous semble pourtant que le travail de Hocquard et Masson, *Archives d'ophtalmologie*, 1883, qui ont examiné atten-

tivement cet organe sur l'homme et sur les oiseaux résume l'état présent de la science à cet égard.

« Le muscle accommodateur, disent ces auteurs, est formé de deux sortes de fibres. Les unes franchement radiées ont une direction antéro-postérieure: elles prennent leur insertion fixe sur la cornée leur insertion mobile sur la choroïde. Elles sont analogues comme action, aux deux groupes postérieurs du muscle accommodateur des oiseaux. Les autres forment des mailles losangiques, d'autant plus serrées qu'on se rapproche davantage des procès ciliaires au niveau desquels elles se terminent par un système d'anses à convexité dirigée vers l'intérieur de l'œil. Ce deuxième ordre de fibres musculaires correspond au faisceau inter-sclérotidien du poulet. Comme ce dernier, il a pour but de compléter l'action des fibres radiées, en immobilisant les procès et l'appareil cilio-cristallin dans sa position nouvelle par une sorte de corrugation du corps ciliaire qui se trouve ainsi fixé contre la sclérotique, malgré le relâchement des tendons de la zonule. »

Les deux feuillets dont parle Tscherning pourraient bien être le produit artificiel de la dissection.

Une dernière remarque suffira pour réfuter à elle seule la théorie que nous critiquons.

Dans le glaucome tout l'œil est distendu, la zonule en particulier, et sous l'influence de cet excès de tension, les faces du cristallin devraient augmenter de courbure et rendre ainsi l'œil myope, si le mécanisme indiqué par Tscherning était exact.

Or, au début de l'attaque de glaucome on constate de l'hypermétropie. Donc la traction de la zonule produit un

aplatissement du cristallin et non une augmentation de courbure à ses pôles.

A la vérité, de la myopie apparaît aussi chez les glaucomateux, mais c'est au moment seulement où le cristallin refoulé par les liquides en excès se rapproche beaucoup de la cornée.

Pour nous, la belle théorie de Helmholtz reste debout, étayée, comme elle l'est, par les travaux nombreux qui lui ont donné naissance et qui sont venus la confirmer. Les travaux de Tscherning ne sont pas assez probants pour renverser un édifice dont les bases sont si solides.

DEUXIÈME PARTIE

Dans cette seconde partie de notre travail, nous nous occuperons d'un phénomène qui a été mal interprété jusqu'à ce jour et que nous avons cherché à rapporter à sa véritable cause. Nous voulons parler du déplacement des images de Purkinje dans l'acte de l'accommodation.

Cramer, qui a le premier observé le mouvement de l'image 2, n'y a vu qu'un effet de l'augmentation de courbure de la face antérieure du cristallin. Helmholtz s'est borné à déclarer que les mouvements en question n'étaient pas une preuve suffisante de l'augmentation de courbure des faces du cristallin.

Tscherning a aussi observé ces mouvements avec beaucoup de soins, mais sur un trop petit nombre de sujets, et il n'en a pas reconnu la véritable origine.

Dans une note parue en 1892, dans les *Archives d'oph-*

talmologie, Tscherning donne, ainsi que l'indique la figure 9, la position des images catoptriques, pendant le repos de l'accommodation :



Fig. 9. — Image renversée.

Puis il dit : « Au moment où l'œil fait un effort d'accommodation, on voit l'image de la cristalloïde antérieure monter, en diminuant pour se cacher derrière la cornéenne, le mouvement est rectiligne et se fait d'une manière assez rapide ; l'œil présente alors l'aspect de la figure 10.



Fig. 10. — Image renversée.

« La contraction pupillaire commence vers la fin de cette phase.

« L'image de la surface postérieure commence maintenant à monter à son tour pour prendre la position indiquée sur la figure 11.



Fig. 11. — Image renversée

« Le chemin que parcourt l'image montre une légère concavité tournant à gauche. Le mouvement se fait d'une manière lente et saccadée.

« Si l'observé relâche maintenant son accommodation, on voit la petite image descendre par un mouvement rapide, comme mue par un ressort. Ce n'est que lorsqu'elle a repris son ancienne place qu'on voit l'image de la face antérieure commencer à descendre à son tour avec un mouvement lent et saccadé.

« Le déplacement de la petite image n'est visible que lorsque l'effort a une certaine grandeur supérieure à trois dioptries. »

Tscherning trouve ce déplacement de l'image 3 aussi considérable que celui de l'image 2. Cherchant ensuite la cause de ce phénomène, il ne trouve qu'un glissement en totalité et en bas pour expliquer ce qu'il observe.

Ce déplacement, d'après lui, ne doit se faire qu'à la fin de l'accommodation, sans quoi on devrait voir simultanément les images 3 et 2 se mouvoir. Tscherning s'est servi de son ophtalmophacomètre pour faire ces observations.

Nous avons examiné un grand nombre d'yeux et jamais

nous n'avons constaté, pour les déplacements des images de Purkinje, les caractères précédents du moins pour l'image 3. Nous allons exposer plus loin les apparences que nous avons observées.

I

Mouvements des images de Purkinje pendant l'accommodation.

Nous allons maintenant donner un certain nombre d'observations prises sur des jeunes gens ayant tous un état de réfraction voisin de l'emmétropie.

Ces observations ont été faites avec le dispositif indiqué dans la figure 2, et se partagent en deux séries. Une première série comprend les observations prises en laissant l'objet lumineux dans un même plan horizontal avec la ligne de visée, l'œil de l'observé, et l'axe de la lunette d'observation. La seconde série renferme les observations prises en portant l'objet lumineux au-dessus du plan dont nous venons de parler, de façon à produire un dénivellement considérable des trois images.

Première série d'observations.

La ligne de visée partage en deux parties égales l'angle formé par l'axe de la lunette, avec la ligne allant de l'objet lumineux à l'œil du sujet.

Le point de fixation le plus éloigné est à 2 mètres ; le point le plus rapproché est soit à 50 centimètres, soit à 25 centimètres.

Dans les figures qui suivent, nous indiquons par une flèche, en grandeur et en direction, le déplacement des images pendant l'accommodation de près.

Nous ne noterons le mouvement de l'image 3 que dans le cas où il est très apparent. Chaque fois que ce mouvement nous a paru douteux, nous ne l'avons pas inscrit.

Observation I. — MM. Sandras et Benoit, étudiants en médecine, dix-neuf et vingt ans.

O. D. — Eclairage temporal.

Point de fixation pour la vision de près, 50 centimètres.

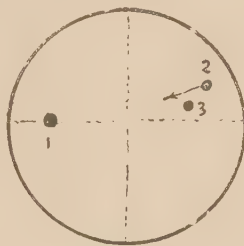


Fig. 12.

Les mêmes : point de fixation pour la vision de près, 25 centimètres.

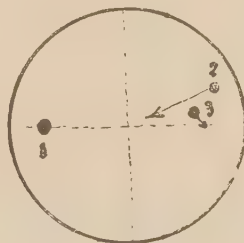


Fig. 13.

Observation II. — MM. Tranchant et Trifon, étudiants en médecine, vingt ans.

O. D. — Eclairage temporal.

Point de fixation pour la vision de près, 50 centimètres.

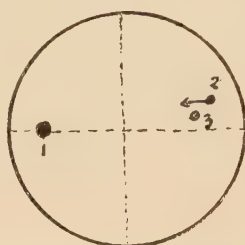


Fig. 14.

Les mêmes : point de fixation pour la vision de près 25 centimètres.

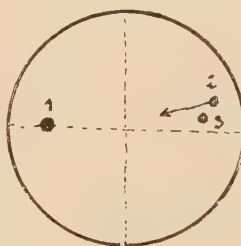


Fig. 15.

Tous les autres sujets que nous avons examinés nous ont donné des résultats semblables à ceux qui sont consignés dans les figures précédentes.

Deuxième série d'observations.

La ligne de fixation est plus près de la lunette que de la direction des rayons incidents. La lampe est placée comme

nous l'avons dit au début de cet article. Le point de fixation pour la vision de près est à 25 centimètres.

Observation III. — MM. Reboul et Boutavent, étudiants en médecine, dix-neuf ans.

O. D. — Eclairage temporal.

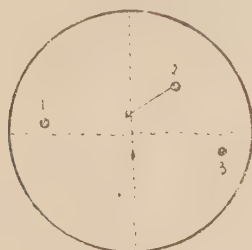


Fig. 16.

L'accommodation pour la vision de près ramène très sensiblement, comme on le voit, les trois images sur une même ligne.

Observation IV. — M. Bovier-Lapierre, étudiant en médecine.

O. D. Eclairage temporal.

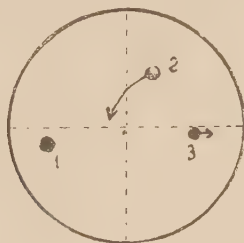


Fig. 17.

Le n° 2 a ici un mouvement curviligne très prononcé.

Observation V. — M. Natallelli, étudiant en médecine, dix-huit ans.

O. D. Eclairage nasal.

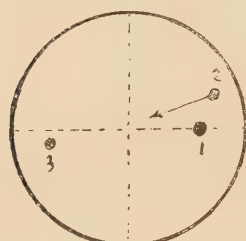


Fig. 18.

O. D. Eclairage temporal.

La disposition de la lampe a varié.

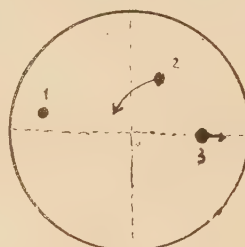


Fig. 19.

Pour l'œil gauche, résultat absolument identique.

Observation VI. — M. Nicaud, dix-huit ans.

O. D. Eclairage nasal.



Fig. 20.

O. D. Eclairage temporal.

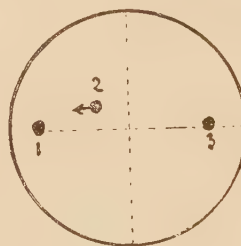


Fig. 21.

Cette observation est assez curieuse, elle montre que dans l'éclairage nasal, le mouvement du n° 2 est vertical, et que dans le cas de l'éclairage temporal, ce mouvement est horizontal.

C'est la seule observation de ce genre que nous ayons faite parmi les nombreux sujets que nous avons examinés.

Observation VII. — M. Lucchini, vingt-quatre ans.

O. D. Eclairage nasal

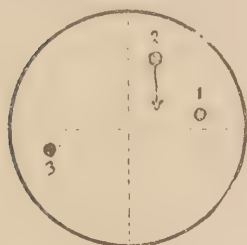


Fig. 22.

O. D. Eclairage temporal



Fig. 23.

Observation VIII. — M. Ravon, dix-neuf ans.

O. D. Eclairage nasal



Fig. 24.

O. D. Eclairage nasal.
(Autre disposition de la lampe).

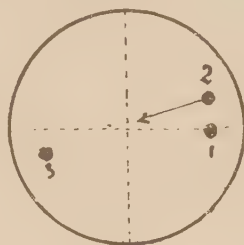


Fig. 25.

O. D. Eclairage temporal

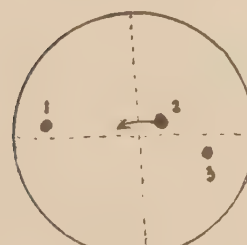


Fig. 26.

O. D. Eclairage temporal.
(Autre disposition de la lampe)

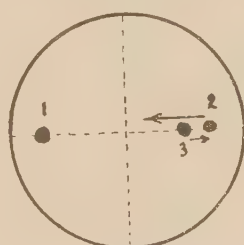


Fig. 27.

Observation IX. — M. Pitti-Ferrandi, dix-sept ans.

O. D. Eclairage nasal.

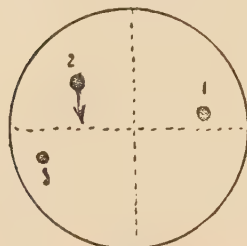


Fig. 28.

O. D. Eclairage temporal.

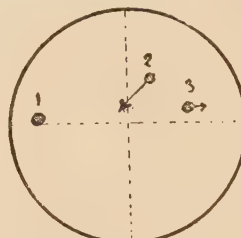


Fig. 29.

Nous ne citerons que ces observations : tous les sujets que nous avons examinés nous ont donné des résultats semblables à l'un ou l'autre des types figurés ci-dessus.

En résumé, elles nous montrent les faits suivants :

1° Les images 2 et 3 n'ont pas seulement des variations de grandeur, elles se déplacent quand l'œil, d'abord au repos, fait un effort d'accommodation.

2° Le déplacement de ces images (de 2 au moins), est en rapport avec l'effort d'accommodation (observation I et II).

3° L'image 2 a un déplacement bien plus considérable que celui de l'image 3, qui est souvent trop petit pour être vu bien nettement.

4° Le déplacement de l'image 2 peut, en général, être décomposé en deux autres : 1° un déplacement dans le sens horizontal, le plus considérable ; 2° un déplacement vertical.

5° La grandeur du déplacement de l'image 2 peut être évaluée quand l'accommodation se fait bien au quart ou au tiers de la distance des images 1 et 3.

6° Le déplacement de l'image 3 est horizontal et de sens contraire à celui du n° 2 — il est toujours très petit — s'il existe un mouvement vertical, si petit qu'il est impossible de le constater dans la majorité des cas.

7° Quand on passe de l'éclairage nasal à l'éclairage temporal, le mouvement de l'image 2 qui, dans le premier cas, est dirigé de l'image 1 vers l'image 3, change de sens et se fait de l'image 3 à l'image 1.

8° Nous avons à noter les observations VI, VII qui présentent des particularités assez singulières. Ces observations montrent que tantôt c'est le déplacement vertical de l'image 2 qui est le plus considérable, tantôt c'est le déplacement horizontal. Il est vrai que ce sont les seuls sujets sur lesquels nous ayons constaté ces particularités.

II

Des mouvements du cristallin.

Les mouvements des images de Purkinje pendant l'accommodation sont évidemment dus à des déplacements du cristallin : mais de quelle nature et de quels sens sont ces déplacements ?

On sait que l'accroissement de courbure de la face antérieure du cristallin a pour conséquence l'avancement du sommet de cette face, puisque l'épaisseur de l'organe augmente et que la face postérieure ne recule pas.

Mais l'avancement en question est-il suffisant, comme paraît le croire Helmholtz pour rendre compte de la grandeur et du sens des mouvements observés ?

Considérons la figure 30. Des rayons lumineux IM. IS, parallèles entre eux, tombent sur l'œil O, faisant un angle α avec l'axe de ce système optique que nous supposons centré. L'un de ces rayons, IS, se réfléchit sur la cornée et prend la direction SI'. Un autre rayon IM se réfracte à travers la cornée, vient se réfléchir en A sur la

face antérieure du cristallin pour sortir de l'œil suivant MI' , parallèle au rayon réfléchi par la cornée.

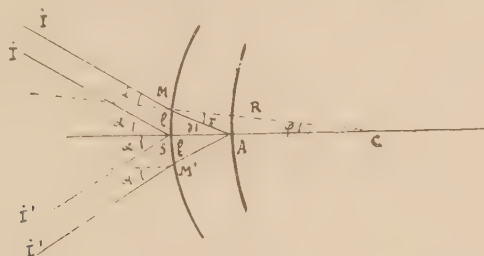


Fig. 30.

L'œil étant supposé centré, nous avons évidemment $SM' = SM$.

Nous admettrons, d'autre part, que α n'est pas trop grand afin que i soit lui-même un angle ne dépassant pas 20 degrés par exemple.

Nous allons calculer la longueur d'arc : $l = SM' = SM$ qui mesure approximativement l'écartement apparent des images 1 et 2. Nous avons :

$$\alpha = i + \varphi$$

mais :

$$\frac{\varphi}{360} = \frac{l}{2 \pi R}$$

φ étant l'angle que fait la normale à la cornée au point M avec l'axe xx de l'œil, et R désignant le rayon de la cornée.

On a donc :

$$(1) \quad i = \alpha - \frac{360 l}{2 \pi R}$$

D'autre part :

$$\gamma = \varphi + r$$

γ représentant l'angle que fait le rayon réfracté MA avec l'axe xx . Comme l est une quantité toujours assez petite, même par rapport à $SA = d$, on peut écrire approximativement :

$$\gamma = \frac{360}{2 \Pi} \frac{l}{d}$$

On a donc :

$$(2) \quad r = \frac{360}{2 \Pi} \frac{l}{d} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{R} \right)$$

En portant la valeur de i et de r dans la relation (3) :

$$(3) \quad \sin i = n \sin r$$

qu'on peut écrire approximativement :

$$(3') \quad i = nr$$

On aura :

$$\alpha = \frac{360}{2 \Pi} \frac{l}{R} = n \cdot \frac{360}{2 \Pi} \frac{l}{d} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{R} \right)$$

d'où l'on tire :

$$l = \frac{2 \Pi R d \alpha}{360 [n R - (n - 1) d]}$$

Pour une autre valeur d' de d , on aura de même :

$$l' = \frac{2 \Pi R d' \alpha}{360 [n R - (n - 1) d']}$$

Nous aurons alors le déplacement relatif de l'image 2 en calculant :

$$\delta = \frac{l - l'}{l}$$

Ce qui donne :

$$(5) \quad \delta = 1 - \frac{d'}{d} \cdot \frac{n R - (n - 1) d}{n R - (n - 1) d'}$$

Si la valeur de d ne variait pas pendant l'accommodation, la formule (5) nous donnerait un déplacement nul pour l'image 2.

D'autre part, si l'on prend les nombres donnés par Helmholtz.

$$\left\{ \begin{array}{l} R = 7.8 \\ d = 3.6 \\ d' = 3.2 \\ n = 1.33 \end{array} \right.$$

On trouve :

$$(6) \quad \delta = 0.124$$

Ainsi donc l'avancement de la face antérieure du cristallin dans la chambre antérieure, est insuffisant pour expliquer le déplacement de l'image 2 lorsque l'œil passe de la vision de loin à la vision de près, puisque cet avancement ne produirait qu'un déplacement relatif de 1/10 en-

viron, tandis que nous l'avons toujours trouvé beaucoup plus considérable et égal approximativement à $1/4$ ou $1/3$ et quelquefois davantage.

Dès lors, nous devons admettre que le cristallin exécute un mouvement de rotation décomposable en deux autres :

1° Une rotation qui amène le bord temporal du cristallin en avant pendant l'accommodation de près ;

2° Une autre rotation qui porte le bord frontal du cristallin en arrière.

Ces rotations expliquent alors très bien les différents mouvements que nous avons constatés dans les observations que nous avons reproduites plus haut. Mais il est une particularité importante dont il faut déterminer la raison : Pourquoi le déplacement de l'image 3 est-il si peu considérable que dans la majorité des cas il est imperceptible ? La réponse à cette question est facile à faire : en effet l'image 3 se forme très près de l'axe de rotation du cristallin tandis que l'image 2 est placée loin de cet axe.

Or, l'axe de rotation du cristallin se trouve très probablement dans son plan équatorial ou dans son voisinage, en sorte que le déplacement du numéro 3 sera toujours très petit.

Nous avons pu reproduire en grande partie cette particularité des mouvements des images de Purkinje en observant un œil artificiel en caoutchouc, construit dans ce but, et dans lequel nous donnions à la lentille, faisant fonction de cristallin, toutes les orientations possibles.

Ainsi donc : 1° l'augmentation de courbure et l'avancement du cristallin sont insuffisants pour expliquer le mouvement des images de Purkinje ; 2° le cristallin, pen-

dant l'accommodation de près, subit un mouvement de rotation qu'on peut décomposer en deux autres : l'un autour d'un axe vertical, amenant son bord temporal en avant, l'autre autour d'un axe horizontal amenant son bord frontal en arrière.

Nous verrons plus loin qu'il est un autre mouvement de la lentille cristallinienne, mais bien moins considérable que les deux précédents, dont il est la conséquence, et qui nous expliquera aussi pourquoi l'image 3 a un déplacement souvent inappréciable.

III

L'axe visuel pendant l'accommodation.

Voici une autre preuve de cette rotation du cristallin: elle est tirée de la valeur de l'angle que fait l'axe visuel avec l'axe optique, avant et pendant l'accommodation (angle α de Douders — angle de collimation de Monoyer).

Servons-nous encore du dispositif représenté par la figure 2 et dont nous donnons une reproduction schématique dans la figure suivante :

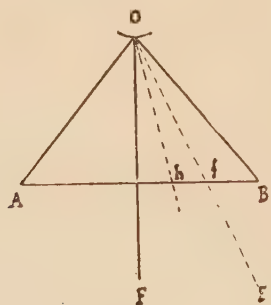


Fig. 31.

L'œil O du sujet fixe tout d'abord la mire la plus éloi-

gnée F suivant la direction OF , qui divise en deux parties égales l'angle AOB . Si l'œil était un système optique parfaitement centré, on verrait l'image 2 exactement au milieu de l'intervalle qui sépare les images 1 et 3. Il n'en est jamais ainsi, et pour amener l'image 2 au milieu de l'intervalle 1,3, il faut déplacer le point F , le porter en F' , par exemple, et de plus l'élever au-dessus du plan AOB . L'angle FOF' représente approximativement l'angle de collimation, pendant le repos de l'accommodation.

Faisons ensuite fixer à l'œil du sujet un point f' situé à 25 centimètres, et nous verrons l'image 2 qui se trouvait au milieu de l'intervalle 1, 3, se rapprocher de l'image 1 : pour la ramener au milieu, il faudra transporter le point de fixation de f' en h : en d'autres termes, l'angle de collimation diminue par le fait de l'accommodation. Le système dioptrique de l'œil est plus voisin du centrage pendant l'accommodation de près que pendant l'accommodation de loin.

Nous n'avons pu rencontrer, parmi les sujets que nous avons examinés, d'yeux dont le centrage devînt parfait, mais nous en avons vu qui n'étaient pas éloignés de l'être.

C'est là, croyons-nous, la meilleure preuve de l'existence d'une rotation de cristallin pendant l'accommodation.

IV

Mécanisme des mouvements du cristallin.

L'explication que nous allons donner de ce mécanisme repose sur les trois faits suivants :

1° Le nerf optique, autour duquel est fixée la choroïde, n'occupe pas le pôle postérieur de l'œil, il est de 6 millimètres plus près du côté nasal que du côté temporal de la cornée. De plus, il est situé un peu au-dessous du méridien horizontal passant par le pôle postérieur de 1 millimètre environ, en sorte que la distance au bord supérieur de la cornée est plus grande de 2 millimètres que sa distance au bord inférieur de cette membrane.

2° Le muscle ciliaire en se contractant tend la choroïde qui, de ce fait, subit une légère élongation, constatée dans les expériences de Hensen et Voelckers.

3° Quand l'œil accommode, les procès ciliaires augmentent de volume, ainsi que l'a observé Coccius.

Cela posé, pendant l'accommodation de près, le muscle ciliaire se contracte et fait avancer la partie postérieure

de la zonule dont il diminue ainsi la tension. Mais cet avancement de la zonule n'a pas la même grandeur dans tous les méridiens, à cause de la position du nerf optique, point fixe pour la choroïde. C'est dans un plan à peu près horizontal et du côté temporal de ce plan que cet avancement sera le plus considérable. La zonule sera donc plus relâchée de ce côté que du côté nasal. Il s'en suit que, non seulement la courbure des faces du cristallin augmente, mais encore que le cristallin pour prendre sa position d'équilibre, sera obligé de subir un léger déplacement qui portera son bord temporal en avant, tandis que le bord nasal restera sensiblement en place.

Faisons maintenant un raisonnement analogue pour le méridien vertical. Nous savons que le nerf optique est très légèrement au-dessous du plan horizontal, en sorte que la portion choroïdienne supérieure du méridien vertical est plus longue de 2 millimètres que la portion inférieure. Le bord supérieur du cristallin, au moment où le muscle ciliaire se contracte, a donc une tendance à basculer un petit peu, en avant. Nous verrons que ce mouvement ne se produit pas et qu'il est remplacé par un autre équivalent. Quoi qu'il en soit, la contraction du muscle accommodateur a pour effet d'augmenter la courbure du cristallin dans le méridien vertical, comme dans l'horizontal.

Le mouvement qui dans le méridien horizontal amène le bord temporal du cristallin en avant, laissant le bord nasal sensiblement en place, a pour conséquence d'appliquer la lentille plus fortement contre l'iris qui, d'ailleurs, pendant l'accommodation devient un plan plus résistant, grâce à la contraction de ses fibres musculaires. C'est précisément cette pression de l'iris qui, trop faible

pour s'opposer au fort déplacement du bord temporal du cristallin, empêchera le léger déplacement du bord supérieur. Grâce à cette pression, le cristallin dont le bord supérieur est, à l'état, de repos, incliné en avant, se redresse de telle sorte que ce bord reste sensiblement en place tandis que le bord inférieur s'avance, mais, ainsi que nous l'avons dit, la portion supérieure de la zonule était plus relâchée que la portion inférieure pendant la contraction du muscle ciliaire; le cristallin ne peut rester en équilibre si son bord supérieur n'est pas projeté en avant, il subira donc nécessairement un très léger mouvement de descente qui portera les pôles du cristallin en bas; autrement dit, il glissera de haut en bas et l'axe de la lentille, qui à l'état de repos optique se trouve au dessus du plan horizontal, sera ainsi ramené dans ce plan.

Tscherning a parlé de ce glissement, mais en a exagéré la valeur. C'est précisément ce glissement de la lentille cristallienne qui empêche le mouvement vertical de l'image 3 d'être perceptible : en effet, la rotation du cristallin autour d'un axe horizontal déplace l'image 3 dans un sens, le mouvement de descente déplace cette image en sens contraire, et ces deux mouvements se compensent mutuellement.

Il est un autre phénomène qui, à lui seul, pourrait produire la rotation du cristallin, c'est le gonflement des procès ciliaires. Coccus, comme nous l'avons dit plus haut, pense que ces procès, par leur avancement et leur augmentation de volume, pressent sur la partie antérieure du corps vitré qui, à son tour, comprime l'équateur du cristallin, et contribue ainsi à l'augmentation de courbure de ce dernier.

Les choses se passeraient ainsi, si le cristallin, au lieu d'être baigné par l'humeur aqueuse, avait sa surface antérieure exposée à l'air libre.

Sous l'influence de la pression exercée par les procès ciliaires sur l'humeur vitrée, la pression contre la face postérieure du cristallin devient peut-être plus grande que celle qui agit sur la face antérieure. On conçoit que cet excès de pression applique le cristallin plus fortement contre l'iris et ait alors les mêmes conséquences que le relâchement inégal de la zonule dans les différents méridiens.

Nous croyons cependant que, si c'est là une des causes de la rotation du cristallin, ce n'est qu'une cause très secondaire. En effet, le gonflement des procès ciliaires doit très probablement faire sentir son action aussi bien et également sur la face antérieure que sur la face postérieure du cristallin, par l'intermédiaire de l'humeur aqueuse d'une part, et du corps vitré d'autre part. M. Monoyer pense, au contraire, que le gonflement des procès ciliaires est la cause principale du phénomène que nous avons étudié.

CONCLUSIONS

Nous avons montré, au début de ce travail, que la forme des images catoptriques du cristallin n'avait pas suffisamment attiré l'attention des observateurs et que ce sont des images complexes, chacune d'elles étant formée non seulement par les deux cristalloïdes correspondantes, mais par les couches attenantes.

Les mensurations de la grandeur de ces images ne peuvent, par conséquent, faire connaître la variation de courbure des faces du cristallin qu'avec une approximation peut-être insuffisante.

Abstraction faite de cette imperfection, la théorie de Helmholtz est étayée par un si grand nombre de travaux précis que les nouvelles idées émises par Tscherning ne sauraient l'entamer et la laissent tout entière debout. Mais la théorie de Helmholtz présente quelques lacunes qui proviennent de ce que les images de Purkinje n'ont jamais été observées avec assez de méthode. Tous les physiologistes, Cramer, Helmholtz, Tscherning, entre

autres, se sont contentés de faire l'observation de ces images en éclairant l'œil du côté temporal.

Nous avons déduit des idées que nous nous étions faites sur les variations de l'astigmatisme que le cristallin devait avoir pendant l'accommodation des mouvements de rotation. Aussi cherchions-nous un moyen sûr de mettre ce phénomène en évidence s'il existait. M. Monoyer à qui nous communiquions nos idées nous fit remarquer que, si notre hypothèse était exacte, on devait voir, en éclairant l'œil par le côté nasal, l'image 2 exécuter un déplacement de sens inverse de celui qu'on observe à l'éclairage temporal.

C'est précisément ce phénomène que nous avons observé et qui nous a permis d'affirmer la rotation du cristallin pendant l'accommodation, rotation qui déplace le bord temporal de la lentille en avant et le bord inférieur en avant aussi.

A ce mouvement de rotation se joint un très petit mouvement de glissement du cristallin qui porte cet organe en bas.

Vu, bon à imprimer :

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE
MONOYER.

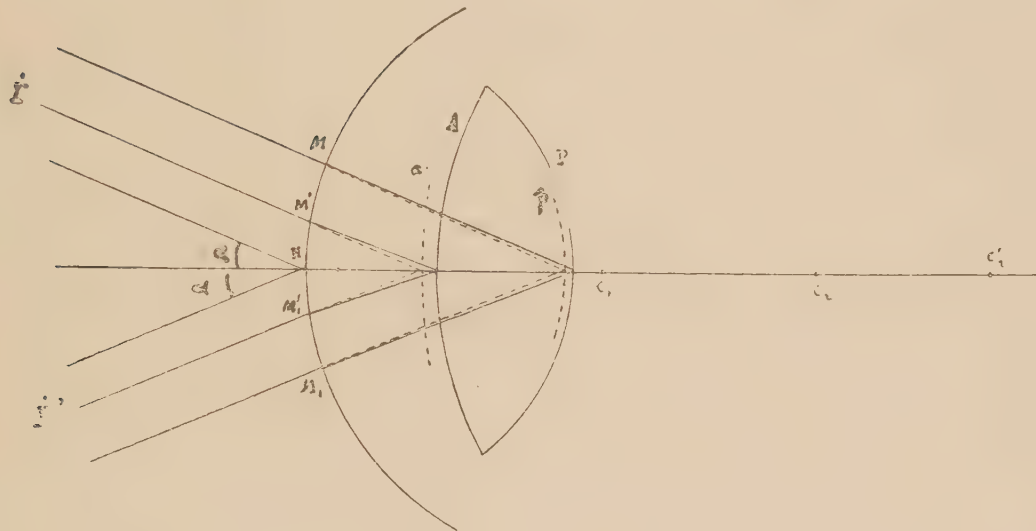
Vu, bon et permis d'imprimer
LE RECTEUR,
E. CHARLES.

Vu, bon à imprimer,

LE FOYEN,
LORJET.

PLANCHE I

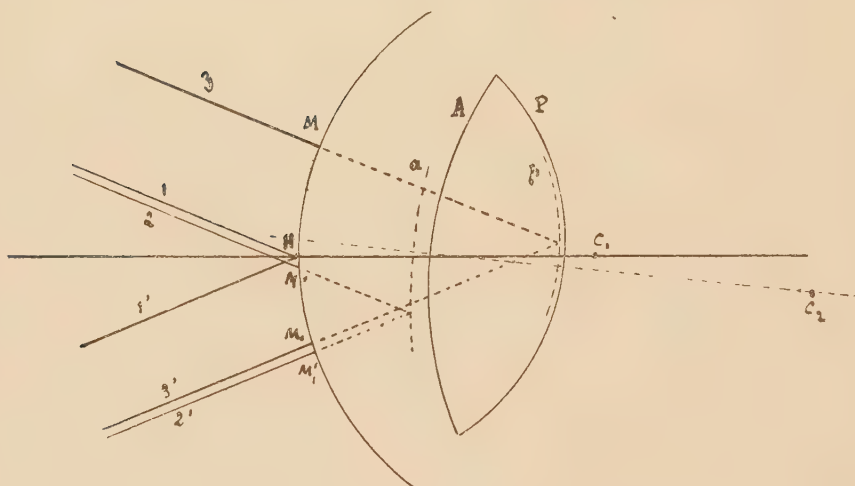
Images de Purkinje. — Marche des rayons lumineux.
Cas de l'œil centré.



C_1 centre de la cornée. — A P, cristallin. — a , face antérieure apparente du cristallin dont le centre est en C'_1 — p , face postérieure apparente du cristallin.
 α étant égal à $21^\circ 33'$ on a : $MH = 2^{mm},51$; $M'H = 1^{mm},18$.

PLANCHE II

Images de Purkinje. — Marche des rayons lumineux.
Cristallin ayant une inclinaison de 6 degrés.



Les rayons lumineux incidents 1, 2, 3, fournissent les rayons réfléchis 1', 2', 3' qui donnent aux images de Purkinje la disposition 1, 3, 2 dans le champ pupillaire, disposition représentée par la figure 4 du texte. — 2 est très voisine de 3.

— Si les rayons lumineux incidents étaient 1', 2', 3', on aurait dans le champ pupillaire la disposition 2, 1, 3 pour les images de Purkinje, disposition représentée dans certaines observations du texte.

PLANCHE III

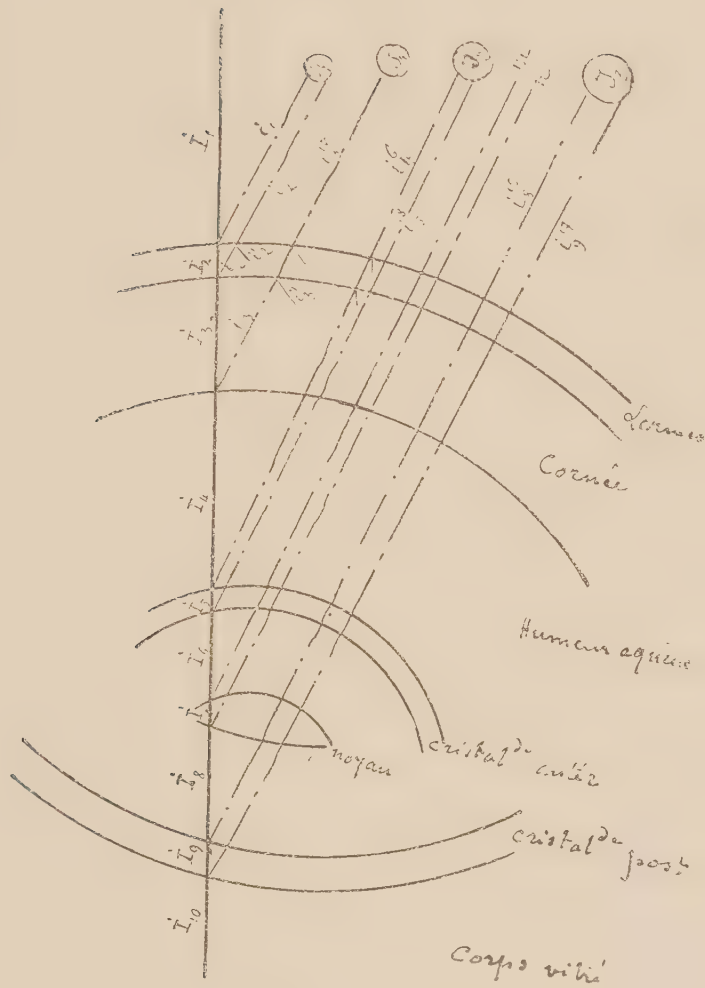


Figure absolument schématique, permettant de suivre le calcul de l'intensité des images de Purkinje.

TABLE

INTRODUCTION	7
PREMIÈRE PARTIE	9
I. Résumé historique.	9
II. Méthodes d'observation	11
III. Les images de Purkinje	16
IV. Intensité et éclat des images de Purkinje	23
V. Du mécanisme de l'accommodation.	33
VI. Expériences confirmant la théorie de Helmholtz	42
VII. La nouvelle théorie de Tscherning sur l'accommodation	48
DEUXIÈME PARTIE	56
I. Mouvements des images de Purkinje pendant l'accommodation	60
II. Des mouvements du cristallin	68
III. L'axe visuel pendant l'accommodation	74
IV. Mécanisme des mouvements du cristallin.	76
CONCLUSIONS	81
PLANCHES	83

